

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian pirolisis dilakukan pada bulan Agustus 2017.

3.1.2 Tempat Penelitian

Pengujian pirolisis, viskositas, densitas, nilai kalor, dan *flash point* minyak hasil pirolisis plastik dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

3.2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian antara lain :

3.2.1 Plastik Alumunium Foil

Plastik alumunium foil adalah plastik yang sering digunakan untuk mengemas makanan atau minuman instan. Plastik yang berlapis aluminium foil dapat juga dikonversi menjadi bahan bakar alternatif melalui proses pirolisis karena pelapis aluminium foil merupakan jenis plastik turunan dari minyak (Yuriandala dkk, 2016). Plastik alumunium foil sebelum dilakukan pengujian sampah plastik dipotong-potong menjadi bentuk kecil-kecil menjadi dimensi 5x5 cm.



Gambar 3.1. Plastik alumunium foil ukuran 5x5 cm

3.2.2 Liquefied Petroleum Gas (LPG)

LPG digunakan sebagai bahan bakar untuk membakar sampah plastik saat pengujian dilakukan. Saat pengujian berlangsung menggunakan gas LPG dengan ukuran 3 kg agar lebih memudahkan pemasangan didalam alat pirolisis. Tabung gas yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Tabung LPG 3 kg

3.2.3 Air Pendingin

Air pendingin berguna untuk mendinginkan kondensor yang didalamnya di lewati asap pirolisis pada saat pengujian. Dengan didinginkanya asap dari plastik maka asap tersebut akan berubah menjadi cair melalui proses kondensasi atau pengembunan.

3.3. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pirolisis sederhana dengan sistem pembakaran menggunakan gas LPG 3 kg dan pendingin air. Alat pirolisis ini juga dilengkapi dengan kondensor yang bisa diatur sudut kemiringannya mulai dari 0° , 15° dan 30° , sehingga dapat diketahui pengaruhnya pada proses pirolisis plastik alumunium foil dengan debit air pendingin 18 LPM. Gambar alat pirolisis dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut :



Gambar 3.3. Alat Pirolisis

Keterangan gambar :

1. *Termo reader*
2. *Flow meter*
3. Radiator
4. Pipa air pendingin
5. Pompa air
6. Gas LPG
7. Kompor
8. Gelas ukur
9. Tabung penampung air pendingin
10. Reaktor
11. Selang air pendingin
12. Kerangka alat pirolisis
13. Kondensor

3.4. Bagian-Bagian Alat Pirolisis

Alat pirolisis yang digunakan terdiri dari berbagai alat yang digabungkan, antara lain:

3.4.1 Pompa Air

Pompa air digunakan untuk mendorong air dari drum penampung air menuju kondensor sehingga air dapat bersirkulasi dan dapat mendinginkan asap yang masuk ke dalam kondensor. Pompa yang digunakan mempunyai spesifikasi debit 6-18 LPM, pompa air dapat dilihat pada Gambar 3.4.

Tabel 3.1. Spesifikasi pompa air

Spesifikasi	
Model	Shimizu PS-128 BTU
Tegangan	220 V
Putaran	2900 rpm
Ketinggian semburan	Maks. 9 meter
Debit semburan (Q)	10-18 LPM
Temperatur air	Maks. 40°C
Pipa hisap dan dorong	1" (25mm)



Gambar 3.4. Pompa Air

3.4.2 Kompor

Kompor pada alat pirolisis digunakan untuk memanaskan tabung reaktor yang didalamnya berisi limbah plastik alumunium foil yang akan dipirolisis. Kompor tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.5.

Tabel 3.2. Spesifikasi kompor

Spesifikasi	
Tungku	1 Lingkar api
Model	Bulat
Bahan tungku	Besi cor
Pemantik	Non otomatis
Tekanan	Tinggi
Tabung gas	3 dan 12 kg
Dibuat di	Indonesia



Gambar 3.5. Kompor

3.4.3 Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk menampung dan mengukur volume minyak hasil pirolisis. Gelas ukur yang digunakan adalah yang berukuran 1000 ml.



Gambar 3.6. Gelas Ukur 1000 ml

3.4.4 Timbangan

Timbangan untuk mengukur berat bahan baku yaitu plastik aluminium foil, massa hasil percobaan, dan abu sisa pembakaran setelah percobaan. Timbangan gantung memiliki kapasitas maksimal 50 kg dengan ketelitian 10 gram, sedangkan timbangan duduk memiliki kapasitas maksimal 5 kg dengan

ketelitian 1 gram. Timbangan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan 3.8.



Gambar 3.7. Timbangan Digital Gantung



Gambar 3.8 Timbangan Digital Duduk

3.4.5 Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk mengukur lama waktu yang diperlukan pada saat melakukan percobaan pirolisis. *Stopwatch* yang digunakan berasal dari aplikasi *handphone* Samsung *galaxy grand 2*, dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Stopwatch

3.4.6 Termoreader

Termoreader pada alat pirolisis digunakan untuk membaca suhu yang terdapat di kondensor dan reaktor. Pada percobaan suhu diukur berada di 5 titik yaitu : lubang masuk asap dari reaktor, lubang keluar asap dari kondensor, lubang masuk air pendingin, lubang keluar air pendingin, dan bagian dalam reaktor. Gambar *termoreader* dapat dilihat pada Gambar 3.10

Tabel 3.3. Spesifikasi *Termoreader*

Spesifikasi	
Model	HT-9815
Pembacaan suhu	°C/°F/K
Pembacaan LCD	4 suhu <i>thermocouple</i> tipe-K
<i>Range</i> temperatur	-200°C~1372°C (328°F~2501°F)
Resolusi suhu tipe-K	< 1000°C: 0,1 °C/°F/K > 1000°C: 1 °C/°F/K
Dimensi alat	200 x 85 x 38 mm
Berat alat	230 gram



Gambar 3.10. Termoreader

3.4.7 Flow meter

Flow meter yaitu suatu alat yang berfungsi untuk mengukur debit aliran *fluida*. Untuk *flow meter* yang digunakan dengan ukuran maksimal 5 GPM / 18 LPM dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar3.11. Flow meter

3.4.8 Radiator

Radiator yang digunakan pada alat pirolisis berfungsi untuk mendinginkan air setelah digunakan di kondensor. Radiator yang digunakan adalah radiator mobil Toyota Rush tahun 2008, dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Radiator

3.4.9 Tabung Air Pendingin

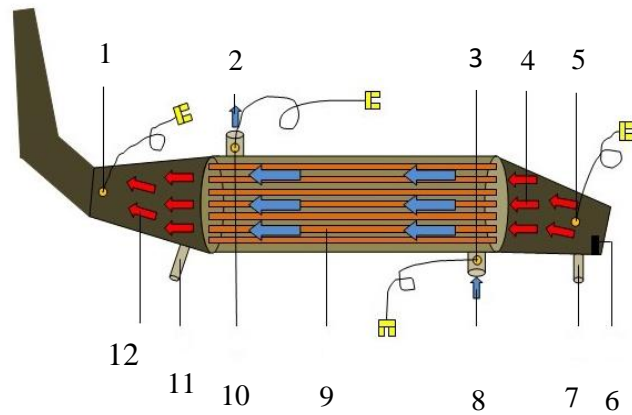
Tabung air pendingin digunakan untuk menampung air pendingin yang digunakan dalam sistem pendinginan atau kondensasi. Tabung air yang digunakan berbentuk tabung dengan diameter 35 cm dan panjang 50 cm, dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13. Tabung air pendingin

3.4.10 Kondensor

Kondensor yang digunakan pada alat pirolisis memiliki fungsi untuk mengkondensasi asap menjadi minyak. Kondensor mempunyai diameter 20 cm dan panjang 50 cm dan terdapat pipa-pipa tembaga berdiameter 3/8 inch berjumlah 18 didalamnya untuk lewatnya asap, kemudian disekitar pipa tembaga dialiri air mengalir yang akan mendinginkan pipa sekaligus asap yang didalamnya sehingga asap terkondensasi menjadi minyak. Gambar skema alat kondensor dapat dilihat pada Gambar 3.14.



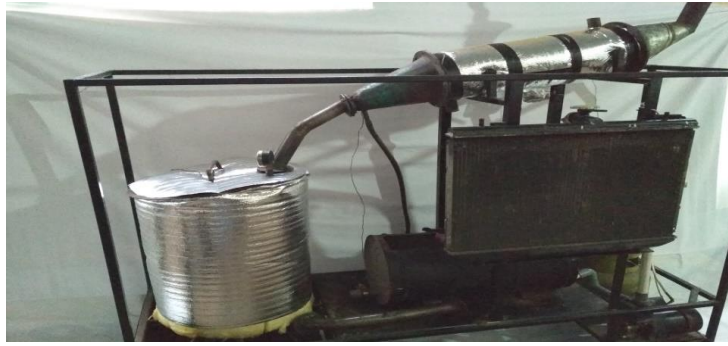
Gambar 3.14. Skema kondensor

Keterangan gambar :

1. T4
2. Lubang keluar air pendingin
3. T2
4. Aliran asap masuk
5. T1
6. Penghenti jalur minyak
7. Lubang keluar minyak
8. Lubang masuk air pendingin
9. Pipa tembaga
10. T3
11. Lubang keluar minyak
12. Aliran asap keluar



(a)



(b)

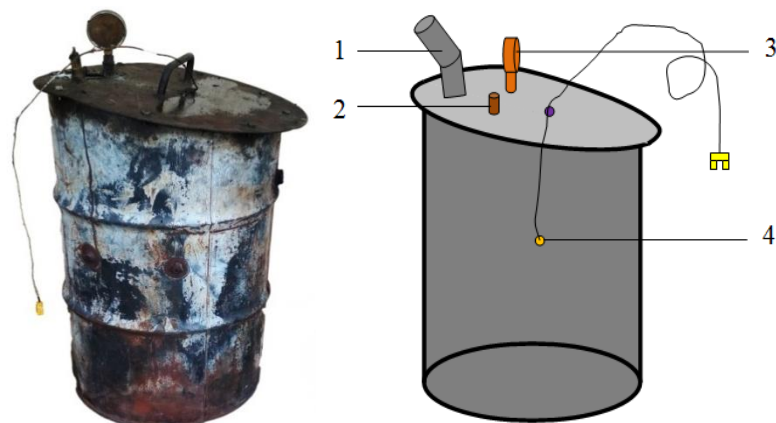


(c)

Gambar 3.15 Sudut kondensor (a) sudut 0° , (b) sudut 15° dan (c) sudut 30° .

3.4.11 Reaktor

Reaktor pada alat pirolisis berfungsi menampung bahan baku yang akan dipirolisis. Reaktor yang digunakan berbentuk tabung berdiameter 46 cm dan panjang 60 cm. Reaktor dapat dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16. Reaktor

Keterangan gambar :

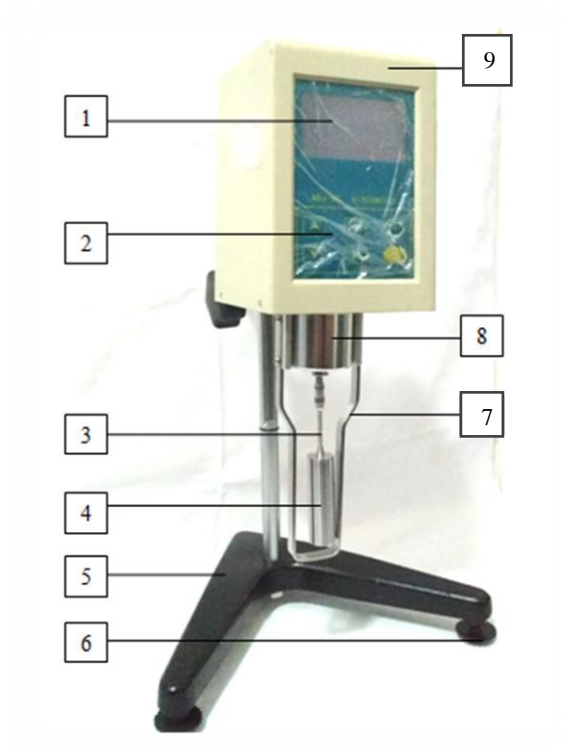
1. Lubang keluar asap
2. *Safety valve*
3. *Pressure gauge*
4. T5

3.4.12 *Viscometer* NDJ 8S

Viscometer NDJ 8S merupakan alat *viscometer* digital digunakan untuk mengukur kekentalan (viskositas) zat cair, contohnya seperti minyak. Minyak plastik aluminium foil hasil dari pirolisis akan dilakukan uji viskositas untuk mengetahui nilai kekentalannya. Alat *viscometer* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.17.

Tabel 3.4. Spesifikasi Alat *Viscometer*

Spesifikasi	
Model	NDJ-8S
Rentang pengukuran	1~2 x 10 ⁶ mPa.s
Jenis rotor	1#, 2#, 3#, dan 4#
Kecepatan rotor	0,3., 0,6., 1,5., 3., 6., 12., 30., dan 60 rpm
Ketelitian pengukuran	± 5% (Newton cair)
Sumber tenaga	220V ± 10% 50z ± 10%
Suhu lingkungan	5 °C~ 35°C
Kelembaban relatif	≤ 80 %.



Gambar 3.17. *Viscometer NDJ 8S*

Keterangan gambar :

1. LCD
2. Tombol pengoperasian
3. Rotor
4. Rotor *connector*
5. *Base* (dudukan)
6. Penyesuai tingkat *knob*
7. *Bracket* (pelindung)
8. *Housing*
9. *Level indicator*

3.4.13 *Calorimeter*

Calorimeter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur nilai kalor (nilai kalori) yang dihasilkan suatu cairan per gram. *Calorimeter* yang digunakan adalah *Parr 6050 Calorimeter* berukuran panjang 27 cm, lebar 45 cm dan tinggi 42 cm. Alat ini dapat melakukan uji kalori 4-6 kali pengujian per

jam dengan durasi waktu untuk sekali pengujian yaitu 8-12 menit. Gambar alat *calorimeter* dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18. *Calorimeter*

3.4.14 *Flash Point Tester*

Flash point merupakan pengujian untuk mengetahui berapa titik nyala suatu zat. *Flash point tester* dapat dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19 *Flash point tester*

3.4.15 *Timbangan Digital dan Gelas Ukur*

Densitas (massa jenis) adalah ukuran massa setiap volume benda. Densitas dapat diketahui dengan volume dan menimbang beratnya. Rumus untuk mencari densitas yaitu $\rho = \frac{m}{V}$ dengan ρ adalah densitas, m adalah massa dan V adalah volume. Alat yang digunakan untuk mengukur densitas yaitu timbangan digital dan gelas ukur, untuk gambar dapat dilihat pada Gambar 3.20.

Tabel 3.5. Spesifikasi Alat Densitas Tester

Spesifikasi	
Merk	FUJITSU
Kapasitas	2000 gram
Ketelitian	0,1 gram
Ukuran penampang	156 x 156 mm



Gambar 3.20 Densitas Tester



Gambar 3.21 Gelas Ukur 100ml

3.4.16 Pipa dan selang air

Pipa dan selang air digunakan untuk mengalirkan air pendingin dari tabung air menuju kondensor pada saat pengujian pirolisis berlangsung. Pipa juga digunakan untuk mengalirkan minyak hasil pirolisis ke penampung sementara.

3.4.17 Gunting

Gunting digunakan untuk memotong plastik alumunium foil agar ukurannya lebih kecil sehingga mempercepat pembakaran.



Gambar 3.22 Gunting

3.5. Parameter Penelitian

1. Efektivitas variasi sudut terhadap perpindahan panas dari hasil pembakaran limbah plastik alumunium foil saat pengujian.
2. Efektivitas variasi sudut terhadap sisa abu dari hasil pirolisis.
3. Efektivitas variasi sudut antara kondensor dengan reaktor terhadap minyak hasil pirolisis plastik alumunium foil.

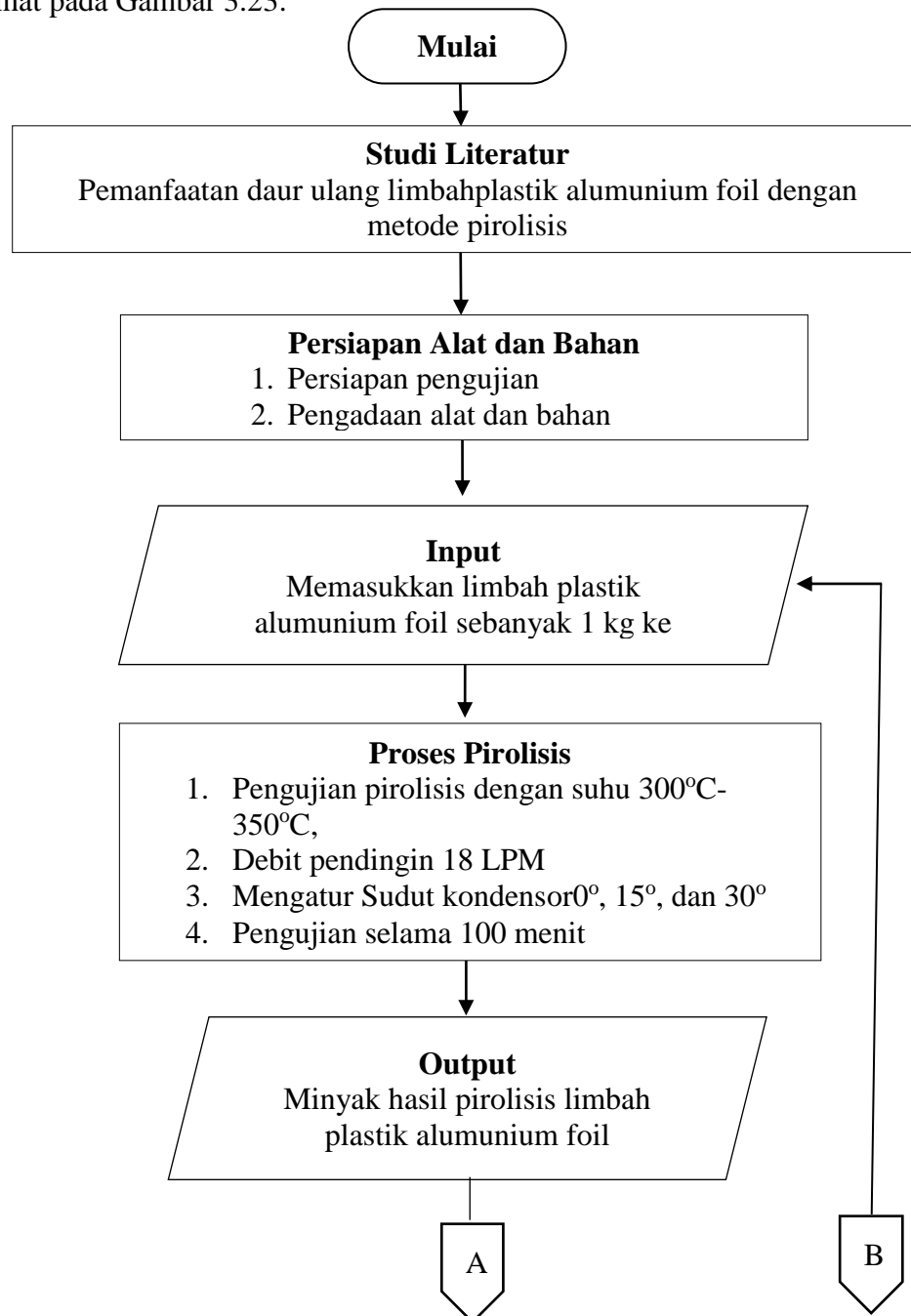
3.6. Teknik Pengumpulan Data

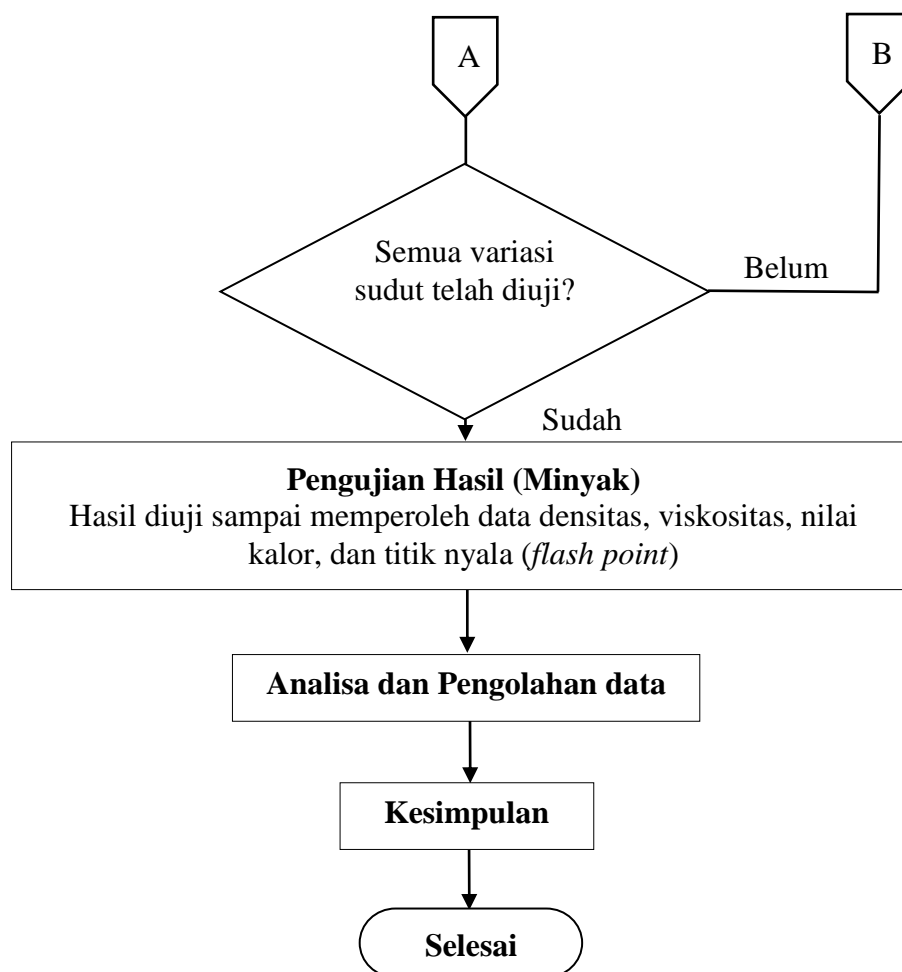
Metode pengumpulan data yang dilakukan dengan metode observasi efisiensi kerja kondensor dengan melihat hasil minyak pirolisis sampah plastik yang dihasilkan dan melihat efektifitas proses perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor. Proses penelitian dimulai dengan pembakaran plastik alumunium foil yang terjadi di dalam tabung reaktor. Tabung reaktor diberi sampah plastik alumunium foil dengan massa 1 kg kemudian dipanaskan di dalam tabung reaktor dengan suhu 300°C -350°C dalam jangka waktu lebih kurang 100 menit dan dijaga pada tekanan 1 atm. Setelah pemanasan berjalan selanjutnya uap plastik akan diembunkan di dalam kondensor dengan arah aliran air searah dengan aliran uap (*parallel flow*). Kemudian minyak plastik hasil pengembunan kondensor akan ditampung dan dibandingkan setiap 10 menit. Perbandingan hasil minyak plastik alumunium foil dengan massa sampah plastik alumunium foil sebelum diperlakukan proses pemanasan akan memberikan nilai

efisiensi kondensor berdasarkan hasil pirolisis. Proses perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor akan diamati setiap 10 menit. Nilai laju perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor akan dibandingkan untuk menentukan efektivitas kondensor berdasarkan proses perpindahan panasnya.

3.7. Proses Penelitian

Tahapan pada penelitian yang dilakukan dari awal mengumpulkan data hingga penyelesaian masalah dalam penelitian ini, diagram alir pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.23.





Gambar 3.23. Diagram alir pengujian

3.7.1 Persiapan Sebelum Percobaan

Berikut ini adalah langkah-langkah yang dilakukan sebelum percobaan, antara lain :

1. Dalam suatu penelitian, peneliti harus melakukan studi kasus terlebih dahulu. Studi ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana perkembangan pirolisis ini. Melihat dari masih banyaknya sampah plastik yang ada dan hanya sedikit yang dimanfaatkan menjadi kerajinan dan sebagian besar dibakar begitu saja, maka dapat disimpulkan bahwa sampah plastik belum terdaur ulang dengan baik. Selain dari faktor plastik, penelitian ini juga menunjukkan bahwa proses pirolisis plastik aluminium foil bisa didaur ulang menjadi minyak yang bisa dimanfaatkan lagi menjadi bahan bakar alternatif.

2. Sebelum alat pirolisis dibuat, yang pertama dilakukan adalah membuat desain yang cocok untuk alat yang nantinya dibuat dan dilakukan percobaan. Dibuat juga analisa awal tentang bagaimana alat tersebut agar nantinya lebih maksimal.
3. Mempersiapkan alat-alat yang digunakan dalam proses pirolisis plastik alumunium foil. Merangkai seluruh perlengkapan alat pirolisis yang terdiri dari reaktor dan kelengkapannya, pipa penghantar, kondensor dan kelengkapannya, penampung minyak hasil pirolisis dan saluran air pendingin beserta kelengkapannya pada kerangka besi yang sudah disiapkan.
4. Mempersiapkan bahan, yaitu sampah plastik alumunium foil.
5. Membersihkan limbah plastik alumunium foil dari kontaminan lain menggunakan air.
6. Mengeringkan limbah plastik alumunium foil, dan pastikan bahwa bahan baku sudah kering dan tidak meninggalkan air maupun kotoran lainnya.
7. Pemotongan sampah plastik alumunium foil menjadi dimensi 5x5 cm.
8. Menimbang sampah plastik alumunium foil seberat 1 kg.

3.7.2 Proses Pirolisis Plastik

Langkah-langkah penelitian pirolisis plastik alumunium foil yaitu :

- a. Masukkan plastik alumunium foil ke dalam reactor dan mengatur kemiringan kondensor dengan sudut 0°.
- b. Menyalakan kompor untuk membakar plastik di reaktor.
- c. Menghidupkan pompa air pendingin agar proses air mengalir ke kondensor dan mendinginkan asap.
- d. Mengatur debit air pendingin menjadi 18 LPM.
- e. Menghidupkan *thermometer* untuk mengetahui suhu masuk air, suhu keluar air, suhu masuk asap, suhu keluar asap di kondensor dan suhu reaktor.
- f. Mengamati dan mencatat suhu masuk dan keluar air pendingin setiap 10 menit.

- g. Mengamati dan mencatat suhu masuk dan keluar asap hasil percobaan setiap 10 menit
- h. Mengamati dan mencatat suhu reactor setiap 10 menit.
- i. Mengamati dan mencatat banyaknya minyak yang dihasilkan setiap 10 menit.
- j. Mengulangi alur percobaan dengan mengganti kemiringan sudut condenser menjadi 15 ° dan percobaan selanjutnya menggunakan sudut 30°.

3.7.3 Pengujian Hasil Minyak Proses Pirolisis

Berikut ini adalah langkah yang dilakukan setelah proses pirolisis selesai diantaranya yaitu :

- a. Setelah proses selesai ambil minyak plastik alumunium foil yang berhasil dihasilkan.
- b. Mengukur total hasil asap cair yang didapat.
- c. Melakukan percobaan tes bakar pada asap cair yang telah dilakukan pengujian.
- d. Melakukan pengujian nilai kalor, viskositas, densitas, dan titik nyala (*flash point*).
- e. Mengumpulkan abu / wax sisa pembakaran kemudian mengukur massanya.

3.7.4 Pelaksanaan Setelah Percobaan

Berikut ini adalah hal yang dilakukan setelah percobaan dan pengujian telah dilakukan diantaranya :

- a. Analisa dan pengolahan data.
- b. Setelah semua sampel minyak pirolisis dan semua data serta analisa berhasil didapatkan maka akan dilakukan perhitungan perbandingan minyak plastik yang dihasilkan dengan bahan sampah plastik yang digunakan dan akan dilakukan perhitungan sampai dapat melihat efektivitas kondensor berdasarkan proses perpindahan panas dan banyaknya minyak serta perbandingan dengan abu / wax yang tersisa.

3.8. Data Penelitian

Data penelitian meliputi T1 sebagai pengukur suhu asap masuk ke dalam kondensor, T2 sebagai pengukur suhu air pendingin masuk ke dalam kondensor, T3 sebagai pengukur suhu air pendingin keluar dari dalam kondensor, T4 sebagai pengukur suhu asap keluar dari dalam kondensor, T5 sebagai suhu didalam reaktor serta data hasil minyak dan abu / wax yang diperoleh. Pendataan ini didata menurut waktu per 10 menit sampai minyak tidak keluar lagi dari kondensor. Lembar data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.6 Lembar pengambilan data suhu dan hasil minyak plastik

Debit ... LPM, sudut ..., berat gas ...								
Waktu (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	Q (°Watt)	Minyak Per 10 menit (ml)	Akumulasi minyak (%)
0								
10								
20								
30								
40								
50								
60								
70								
80								
90								
100								

3.9. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif yaitu dengan mengamati secara langsung hasil eksperimen kemudian menyimpulkan dan

menentukan hasil penelitian yang telah dilakukan. Data-data yang dihasilkan yaitu meliputi suhu-suhu yang masuk dan keluar melewati kondensor, suhu reactor, volume minyak plastik yang dihasilkan, berat abu sisa pembakaran, waktu yang diperlukan untuk mendapatkan minyak, dan besar laju perpindahan panas pada kondensor.

Data yang diperoleh dari hasil penelitian kemudian dimasukkan ke dalam tabel dan ditampilkan ke dalam bentuk grafik yang kemudian akan dianalisa dan ditarik kesimpulan.

3.10. Pengujian Hasil Bahan Bakar Cair

3.10.1 Pengujian Viskositas

Pada pengujian viskositas terdapat beberapa langkah diantaranya yaitu:

1. Menyiapkan sampel minyak pirolisis yang telah dihasilkan.
2. Menyiapkan alat uji viskositas berupa, alat *viscometer* NDJ 8S dan *stopwatch*.
3. Memasang rotor pada *viscometer* NDJ 8S.
4. Memasukkan sampel minyak ke dalam gelas ukur 1000 ml.
5. Menempatkan gelas ukur di bawah rotor *viscometer* dan memasukan rotor ke dalam gelas yang berisi minyak pirolisis yang dihasilkan sampai posisi rotor tercelup $\frac{3}{4}$ bagian dengan bahan minyak pirolisis tersebut.
6. Memasang kabel *power viscometer* kesumber tenaga listrik.
7. Mengatur settingan jenis rotor dan kecepatan putar rotor pada *control panel*.
8. Kecepatan putar rotor yang digunakan adalah 30 dan 60 rpm.
9. Menjalankan *viscometer* dengan menekan tombol OK.
10. Menunggu sampai proses pengukuran selesai, kemudian mencatat hasil pembacaan yang ditampilkan pada *display* alat *viscometer* meliputi kecepatan putar, nilai viskositas, persentase.
11. Menekan tombol reset.
12. Mengulangi langkah pengujian tersebut sampai 5 kali dengan tujuan memperoleh hasil rata-rata yang maksimal.

13. Menggunakan parameter uji temperature sampel bahan bakar minyak dengan suhu kamar.
14. Mematikan alat *viscometer*.
15. Membersihkan gelas ukur, rotor dan alat *viscometer* tersebut.

3.10.2 Pengujian Nilai Kalor

Pada pengujian nilai kalor terdapat beberapa langkah diantaranya yaitu:

1. Mempersiapkan alat-alat penelitian meliputi: *bom calorimeter*, timbangan, dan pipet.
2. Menyiapkan bahan penelitian yaitu bahan bakar minyak hasil pirolisis.
3. Melakukan analisa ultimat dan analisa proksimat bahan bakar.
4. Menguji nilai kalor bahan bakar dengan *bom calorimeter*.
5. Data yang diperoleh setelah sekitar 10 menit dari pengujian ini disebut dengan *gross heat*.
6. Membersihkan *bom calorimeter* dan pipet.

3.10.3 Pengujian densitas

Pada pengujian nilai kalor terdapat beberapa langkah diantaranya yaitu :

1. Mempersiapkan gelas ukur dan neraca digital.
2. Menimbang gelas ukur pada kondisi kosong dan setelah itu dikalibrasi.
3. Menuang sampel minyak hasil pirolisis ke dalam gelas ukur.
4. Menempatkan gelas ukur ke dalam neraca digital.
5. Mencatat hasil pengujian densitas yang telah dilakukan.
6. Membersihkan, merapikan, dan mengembalikan neraca pegas serta gelas ukur setelah pengujian.

3.10.4 Pengujian *Flash Point*

Pada pengujian *flash point* terdapat beberapa langkah diantaranya yaitu :

1. Mempersiapkan alat uji *flash point*.
2. Menakar minyak pirolisis sebanyak 10 ml.
3. Menempatkan minyak pada cawan, dan panaskan sampel tersebut.
4. Menyalakan sumbu sebagai pemancing nyala api.

5. Mengamati pada suhu berapa sampel tersebut menyala.
6. Mencatat hasil pengujian *flash point*.
7. Membersihkan, merapikan, dan mengembalikan alat uji *flash point* setelah pengujian.